



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 39 970 A 1**

②① Aktenzeichen: 197 39 970.3  
②② Anmeldetag: 11. 9. 97  
②③ Offenlegungstag: 18. .3. 99

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**C 08 L 75/16**

C 08 J 3/24  
C 08 F 220/10  
B 05 D 7/16  
C 09 D 175/16  
C 09 D 151/08

DE 197 39 970 A 1

⑦① Anmelder:  
BASF AG, 67063 Ludwigshafen, DE  
  
⑦④ Vertreter:  
Kinzebach und Kollegen, 81679 München

⑦② Erfinder:  
Schwalm, Reinhold, Dr., 67157 Wachenheim, DE;  
Völlinger, Frank, 67480 Edenkoben, DE; Beck, Erich,  
Dr., 68526 Ladenburg, DE; Menzel, Klaus, 67069  
Ludwigshafen, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

- ⑤④ Strahlungshärtbare Zubereitungen auf der Basis aliphatischer, Urethangruppen enthaltender Prepolymere mit ethylenisch ungesättigten Doppelbindungen
- ⑤⑦ Die vorliegende Erfindung betrifft strahlungshärtbare Zubereitungen, enthaltend
- i) wenigstens ein aliphatisches, Urethangruppen enthaltendes Prepolymer mit im Mittel wenigstens 2 ethylenisch ungesättigten Doppelbindungen,
  - ii) wenigstens einen monofunktionellen Ester mit einer  $\alpha,\beta$ -ethylenisch ungesättigten Carbonsäure mit einem monofunktionellen Alkanol, das gesättigte, carbocyclische oder heterocyclische Strukturelemente aufweist und
  - iii) gegebenenfalls einen di- oder polyfunktionellen Ester einer  $\alpha,\beta$ -ethylenisch ungesättigten Carbonsäure mit einem aliphatischen Di- oder Polyol.
- Die Erfindung betrifft weiterhin die Verwendung der strahlungshärtbaren Zubereitungen zum Beschichten von Substraten, ein Verfahren zum Beschichten von Substraten sowie die beschichteten Substrate.

DE 197 39 970 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft strahlungshärtbare Zubereitungen, die wenigstens ein aliphatisches, Urethangruppen enthaltendes Prepolymer mit wenigstens zwei ethylenisch ungesättigten Doppelbindungen und wenigstens einen monofunktionellen Ester einer  $\alpha,\beta$ -ethylenisch ungesättigten Carbonsäure mit einem monofunktionellen Alkanol enthält, das wenigstens einen gesättigten 5- oder 6-gliedrigen Carbocyclus oder einen 5- oder 6-gliedrigen Heterocyclus mit einem oder zwei Sauerstoffatomen im Ring als Strukturelement aufweist.

Strahlungshärtbare Zusammensetzungen haben in der Technik eine breite Anwendung, insbesondere als hochwertige Beschichtungsmaterialien für Oberflächen erlangt. Unter strahlungshärtbaren Zusammensetzungen versteht man Zubereitungen, die ethylenisch ungesättigte Polymere oder Prepolymere enthalten, und die, gegebenenfalls nach einem physikalischen Trocknungsschritt, durch Einwirkung energiereicher Strahlung, beispielsweise durch Bestrahlung mit UV-Licht oder durch Bestrahlung mit energiereichen Elektronen (Elektronenstrahlung) ausgehärtet werden.

Besonders hochwertige Beschichtungen erhält man, wenn man als strahlungshärtbare Zusammensetzung Zubereitungen einsetzt, die ein ethylenisch ungesättigtes, Urethangruppen enthaltendes Polymer oder Prepolymer enthalten. Ethylenisch ungesättigte, Urethangruppen enthaltende Polymere und Prepolymere sind beispielsweise aus P. K. T. Oldring (Hrsg.), Chemistry and Technology of UV- and EB-Fonnulations for Coatings, Inks and Paints, Vol. II, SITA Technology, London 1991, S. 73-123 bekannt. Aufgrund der hohen Viskosität ethylenisch ungesättigter, Urethangruppen enthaltender Polymere und Prepolymere werden derartigen Zusammensetzungen oftmals niedermolekulare, ethylenisch ungesättigte Verbindungen zur Viskositätsniedrigung zugesetzt. Letztere polymerisieren ebenso wie die ethylenisch ungesättigten Polymere und Prepolymere beim Härten aus und werden so in die Beschichtung eingebaut. Man bezeichnet sie daher als Reaktivverdünner. Die Eigenschaften der erhaltenen Beschichtungen werden somit sowohl durch das eingesetzte ethylenisch ungesättigte Polymer bzw. Prepolymer als auch durch den Reaktivverdünner bestimmt. Für optimale Beschichtungseigenschaften ist zudem eine Abstimmung der ethylenisch ungesättigten Polymere bzw. Prepolymere auf die Reaktivverdünner erforderlich.

Aus der DE-A-27 26 041 sind strahlungshärtbare Zusammensetzungen bekannt, die wenigstens ein Polyetherurethan, das an den Enden mit Acrylat- bzw. Methacrylatgruppen modifiziert ist, und ein niedermolekulares polyfunktionelles Acrylat mit Ethergruppen und Hydroxyalkylacrylate enthalten. Derartige strahlungshärtbare Zusammensetzungen führen zu Beschichtungen mit erhöhter Flexibilität.

Die EP-A-508 409 offenbart strahlungshärtbare Zusammensetzungen, die wenigstens ein ethylenisch ungesättigtes Polyesterurethan und wenigstens eine nicht-aromatische, niedermolekulare Substanz mit wenigstens einer, vorzugsweise wenigstens zwei (Meth)acryloylgruppen als Vernetzer (= Reaktivverdünner) enthalten. Derartige strahlungshärtbare Zusammensetzungen führen zu Beschichtungen mit verbesserter Witterungsstabilität.

Grundsätzlich stellt sich bei den strahlungshärtbaren Zusammensetzungen des Standes der Technik das Problem, daß durch Auswahl und Abstimmung der Komponenten (Prepolymer und Reaktivverdünner) einzelne Anwendungseigenschaften wie Beschichtungshärte, Flexibilität und Witterungsbeständigkeit verbessert werden können, dies jedoch immer zu Lasten anderer Anwendungseigenschaften geht. Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, strahlungshärtbare Zusammensetzungen bereitzustellen, die zu Beschichtungen mit ausgewogenen Eigenschaftsprofilen mit großer Härte, hoher Flexibilität und hoher Witterungsbeständigkeit führen und die gleichzeitig eine geringe Verarbeitungsviskosität und eine hohe Aushärtungsgeschwindigkeit aufweisen.

Diese Aufgabe konnte überraschenderweise gelöst werden durch eine strahlungshärtbare Zusammensetzung, die wenigstens ein aliphatisches, Urethangruppen enthaltendes Prepolymer und wenigstens einen monofunktionellen Ester einer  $\alpha,\beta$ -ethylenisch ungesättigten Carbonsäure mit einem monofunktionellen Alkanol, das wenigstens einen gesättigten 5- oder 6-gliedrigen Carbocyclus oder einen entsprechenden Heterocyclus mit einem oder zwei Sauerstoffatomen im Ring als Strukturelement aufweist, enthält.

Die vorliegende Erfindung betrifft somit strahlungshärtbare Zubereitungen, die

- i) wenigstens ein aliphatisches, Urethangruppen enthaltendes Prepolymer, das im Mittel wenigstens zwei ethylenisch ungesättigte Doppelbindungen pro Molekül aufweist (= Komponente A),
- ii) wenigstens einen monofunktionellen Ester einer  $\alpha,\beta$ -ethylenisch ungesättigten Carbonsäure mit einem monofunktionellen Alkanol, das wenigstens einen gesättigten 5- oder 6-gliedrigen Carbocyclus oder einen gesättigten 5- oder 6-gliedrigen Heterocyclus mit einem oder zwei Sauerstoffatomen im Ring als Strukturelement aufweist (= Komponente B) und
- iii) gegebenenfalls di- oder polyfunktionellen Ester einer  $\alpha,\beta$ -ethylenisch ungesättigten Carbonsäure mit einem aliphatischen Di- oder Polyol (= Komponente C), enthalten.

Erfindungsgemäß ist das aliphatische, Urethangruppen enthaltende Prepolymer frei von aromatischen Strukturelementen wie Phenylen oder Naphthylen oder substituierten Derivaten davon. Komponente B enthält keine Stickstoffatome.

In der Regel enthalten die erfindungsgemäßen Zusammensetzungen 20 bis 90 Gew.-%, bevorzugt 30 bis 80 Gew.-% und insbesondere 40 bis 70 Gew.-% der Komponente A, 10 bis 80 Gew.-%, vorzugsweise 20 bis 60 Gew.-% und insbesondere 30 bis 50 Gew.-% der Komponente B, 0 bis 40 Gew.-% und bevorzugt 0 bis 30 Gew.-% der Komponente C und bis zu 20 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der Komponenten A, B und C, übliche Hilfsmittel, mit der Maßgabe, daß die Gewichtsmengen der Komponenten A, B und C sich zu 100 Gew.-% addieren. In der Regel liegt das Gewicht der Komponenten B und C im Bereich von 10 bis 80 Gew.-%, vorzugsweise 20 bis 70 Gew.-% und insbesondere 30 bis 60 Gew.-%, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht A + B + C.

Je nach gewünschtem Eigenschaftsprofil enthalten die erfindungsgemäßen Zusammensetzungen Komponente B und Komponente C oder ausschließlich Komponente B. Wird eine hohe Beschichtungshärte gewünscht, enthält die erfindungsgemäße Zubereitung vorzugsweise Komponente B und Komponente C. Wird hingegen mehr Wert auf eine hohe

Flexibilität gelegt, kann auf Komponente C verzichtet werden. Zudem wird mit zunehmendem Gehalt an Komponente C die Viskosität der erfindungsgemäßen Zubereitungen verbessert. Im ersten Fall liegt das Verhältnis von Komponente B zu Komponente C vorzugsweise im Bereich von 20 : 1 bis 1 : 1 und insbesondere im Bereich von 10 : 1 bis 1,5 : 1.

In der Regel ist die Komponente A im wesentlichen aus einem oder mehreren aliphatischen Strukturelementen, Urethangruppen und wenigstens zwei ethylenisch ungesättigten Struktureinheiten aufgebaut. Aliphatische Strukturelemente umfassen sowohl Alkylengruppen, vorzugsweise mit 4 bis 10 C-Atomen, als auch Cycloalkylengruppen mit vorzugsweise 6 bis 20 C-Atomen. Sowohl die Alkyl- als auch die Cycloalkylengruppen können mit C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>-Alkyl, insbesondere mit Methyl, ein- oder mehrfach substituiert sein sowie ein oder mehrere nicht benachbarte Sauerstoffatome enthalten. Die aliphatischen Strukturelemente sind gegebenenfalls über quartäre oder tertiäre Kohlenstoffatome, über Harnstoffgruppen, Biureth-, Urethdion-, Allophanat-, Cyanurat-, Urethan-, Ester- oder Amidgruppen oder über Ethersauerstoff oder Aminstickstoff miteinander verbunden. Vorzugsweise ist die Komponente A frei von Urethdion- oder Allophanatgruppen sowie von Aminstickstoff. Ferner weist die Komponente A erfindungsgemäß wenigstens zwei ethylenisch ungesättigte Strukturelemente auf. Hierbei handelt es sich vorzugsweise um Vinyl- oder Allylgruppen, die auch mit C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>-Alkyl, insbesondere Methyl substituiert sein können, und die sich insbesondere von  $\alpha,\beta$ -ethylenisch ungesättigten Carbonsäuren bzw. deren Amiden ableiten. Besonders bevorzugte ethylenisch ungesättigte Struktureinheiten sind Acryloyl- und Methacryloylgruppen wie Acrylamido und Methacrylamido und insbesondere Acryloxy und Methacryloxy. Besonders bevorzugt weist die Komponente A wenigstens drei ethylenisch ungesättigte Strukturelemente pro Molekül auf.

Ganz besonders bevorzugt sind Komponenten A, in denen die aliphatischen Strukturelemente über Cyanurat-, Biureth- und/oder Urethangruppen miteinander verknüpft sind und die als ethylenisch ungesättigte Strukturelemente Acryloxygruppen aufweisen.

Das zahlenmittlere Molekulargewicht  $M_n$  der Urethangruppen enthaltenden Prepolymere der Komponente A ist vorzugsweise  $\leq 2000$  und liegt insbesondere im Bereich von 400 bis 1500. Die Doppelbindungsichte in derartigen Prepolymeren liegt vorzugsweise oberhalb 1,5 mol/kg Prepolymer und insbesondere im Bereich von 2 bis 6 mol/kg Prepolymer.

Derartige ethylenisch ungesättigte, Urethangruppen enthaltende Prepolymere sind dem Fachmann grundsätzlich bekannt. Bevorzugte, Harnstoffgruppen-freie aliphatische Urethane sind beispielsweise dadurch erhältlich, daß man

- i) wenigstens eine aliphatische Verbindung oder ein aliphatisches Prepolymer mit wenigstens zwei und vorzugsweise drei oder 4 Isocyanatgruppen (Komponente a1) mit
- ii) wenigstens einer Verbindung, die wenigstens eine reaktive OH-Gruppe und wenigstens eine ethylenisch ungesättigte Doppelbindung aufweist (Komponente a2) und gegebenenfalls
- iii) einer oder mehreren aliphatischen Verbindungen mit wenigstens einer reaktiven OH-Gruppe (Komponente a3) umgesetzt.

Hierbei ist das Verhältnis der OH-Gruppen aus den Komponenten a2 und a3 zu den NCO-Gruppen aus der Komponente a1  $\text{OH/NCO} \geq 1$ , so daß das erhaltene Prepolymer keine NCO-Gruppen enthält. Die Komponente a2 wird vorzugsweise in einer Menge eingesetzt, daß die darin enthaltenen OH-Gruppen ( $\text{OH}_{a2}$ ) mit den NCO-Gruppen aus Komponente a1 in einem Verhältnis  $\text{OH}_{a2}/\text{NCO}$  im Bereich von 0,4 bis 0,95 und bevorzugt von 0,6 bis 0,9 stehen.

Als Komponente a1 kommen aliphatische Diisocyanate, oligomere Addukte aliphatischer Diisocyanate an polyfunktionelle Alkohole mit vorzugsweise 2 bis 20 C-Atomen, sowie die Urethdione, Isocyanurate, Biurethe und Allophanate aliphatischer Diisocyanate in Frage. Beispiele für geeignete aliphatische Diisocyanate sind Tetramethyldiisocyanat, Hexamethyldiisocyanat, Octamethyldiisocyanat, Decamethyldiisocyanat, Dodecamethyldiisocyanat, Tetrade-cainethyldiisocyanat, 1,6-Diisocyanato-2,2,4-trimethylhexan, 1,6-Diisocyanato-2,2,4,4-tetramethylhexan, 1,2-, 1,3- oder 1,4-Diisocyanatocyclohexan, 4,4'-Di(isocyanatocyclohexyl)methan, 1-Isocyanato-3,3,5-trimethyl-5-(isocyanatomethyl)cyclohexan (= Isophorondiisocyanat) und 2,4- oder 2,6-Diisocyanato-1-methylcyclohexan. Geeignete polyfunktionelle Alkohole umfassen aliphatische Di- oder Polyole mit vorzugsweise 2 bis 20 C-Atomen wie Ethylenglykol, Diethylenglykol, Triethylenglykol, 1,2-Propylenglykol, 1,3-Propylenglykol, Dipropylenglykol, Tripropylenglykol, 1,4-Butandiol, 1,5-Pentandiol, Neopentylglykol, 1,6-Hexandiol, 2-Methyl-1,5-pentandiol, 2-Ethyl-1,4-butandiol, Dimethylcyclohexan, Glycerin, Trimethylolpropan, Trimethylolbutan, Trimethylolpropan, Pentaerythrit, Ditrithylolpropan, Erythrit und Sorbit. Die Komponente a1 ist vorzugsweise ausgewählt unter den Triuierisierungsprodukten der vorgenannten aliphatischen Diisocyanate, d. h. den Biurethen und den Isocyanuraten, und den Addukten der vorgenannten aliphatischen Diisocyanate an einen der vorgenannten polyfunktionellen aliphatischen Alkohole mit wenigstens drei reaktiven OH-Gruppen. Besonders bevorzugt wird als Komponente a1 das Isocyanurat und/oder das Biureth des Hexamethyldiisocyanats und ganz besonders bevorzugt dessen Isocyanurat eingesetzt.

Als Komponente a2 kommen beispielsweise die Ester ethylenisch ungesättigter Carbonsäuren mit einem der vorgenannten aliphatischen Polyole sowie die Vinyl-, Allyl- und Methallylether der vorgenannten Polyole in Frage, sofern sie noch eine, gegenüber Isocyanat reaktive OH-Gruppe enthalten. Ferner können auch die Amide ethylenisch ungesättigter Carbonsäuren mit Aminoalkoholen eingesetzt werden. Als Komponente a2 werden die Ester der Acrylsäure und der Methacrylsäure wie 2-Hydroxyethyl(meth)acrylat, Hydroxypropyl(meth)acrylat, 1,4-Butandiolmono(meth)acrylat, Neopentylglykolmono(meth)acrylat, Trimethylolpropandi(meth)acrylat, Pentaerythritdi- und -tri(meth)acrylat bevorzugt. Besonders bevorzugt ist die Komponente a2 ausgewählt unter Hydroxypropylacrylat und Butandiolmonoacrylat und ist insbesondere 2-Hydroxymethylacrylat.

Geeignete aliphatische Verbindungen mit wenigstens einer reaktiven OH-Gruppe (Komponente a3) sind beispielsweise Alkanole mit vorzugsweise 1 bis 10 C-Atomen, Cycloalkanole mit vorzugsweise 5 bis 10 C-Atomen, sowie Monoalkylether von Polyalkylenglykolen. Beispiele für geeignete Alkanole sind Methanol, Ethanol, n- und Isopropanol, n-, 2-, iso- und tert.-Butanol, Amylalkohol, Isoamylalkohol, n-Hexanol, n-Octanol, 2-Ethylhexanol und Decanol. Geeignete Cycloalkanole umfassen z. B. Cyclopentanol und Cyclohexanol, die gegebenenfalls ein- oder mehrfach mit C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>-Alkyl z. B. Methyl, Ethyl, n-Propyl, Isopropyl, n-Butyl, 2-Butyl, Isobutyl oder tert.-Butyl, insbesondere mit Methyl substituiert

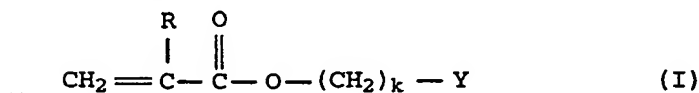
sind. Beispiele für Monoalkylether von Polyalkylenglykolen sind die Mono-C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>-alkylether und insbesondere die Methyl- oder Ethylenglykolether, des Diethylenglykols oder des Triethylenglykols.

Die Herstellung der Komponente A erfolgt in bekannter Weise dadurch, daß man die Komponente a1 mit den Komponenten a2 und gegebenenfalls a3 bei Temperaturen vorzugsweise im Bereich von 0 bis 100°C und insbesondere im Bereich von 20 bis 70°C zur Reaktion bringt. Vorzugsweise werden zuerst Komponente a1 und a2 zur Reaktion gebracht. Anschließend wird unter Reaktionsbedingungen Komponente a3 zugegeben.

Zur Beschleunigung der Umsetzung können Katalysatoren, wie sie z. B. in Houben-Weil, Methoden der Organischen Chemie, Bd. XIV/2, Thieme-Verlag, Stuttgart 1963, S. 60f. sowie Ullmanns Enzyklopädie der Technischen Chemie, 4. Aufl., Bd. 19 (1981), S. 306 beschrieben sind, eingesetzt werden. Bevorzugt sind zinnhaltige Katalysatoren wie Dibutylzinn-dilaurat, Zinn(II)octoat oder Dibutylzinn-dimethoxid. Im allgemeinen werden solche Katalysatoren in einer Menge von 0,001 bis 2,5 Gew.-%, bevorzugt von 0,005 bis 1,5 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmenge der Reaktanden, eingesetzt.

Zur Stabilisierung der radikalisch polymerisierbaren Verbindungen (Komponente a2) werden vorzugsweise 0,001 bis 2 Gew.-%, insbesondere 0,005 bis 1,0 Gew.-% Polymerisationsinhibitoren der Reaktion zugesetzt. Dabei handelt es sich um die üblichen, zur Behinderung der radikalischen Polymerisation geeigneten Verbindungen, z. B. um Hydrochinone oder Hydrochinonmonoalkylether, 2,6-Di-tert.-butylphenole, wie 2,6-Di-tert.-butylkresol, Nitrosamine, Phenothiazine oder Phosphorsäureester. Die Umsetzung kann sowohl lösungsmittelfrei als auch unter Zusatz von Lösungsmitteln durchgeführt werden. Als Lösungsmittel kommen inerte Lösungsmittel, z. B. Aceton, Methyl-ethylketon, Tetrahydrofuran, Dichlormethan, Toluol, C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>-Alkylester der Essigsäure wie Ethylacetat oder Butylacetat in Frage. Bevorzugt wird die Umsetzung lösungsmittelfrei durchgeführt.

Als Komponente B können grundsätzlich alle monofunktionellen Ester  $\alpha,\beta$ -ethylenisch ungesättigter Carbonsäuren mit einem monofunktionellen Alkanol, das wenigstens einen gesättigten 5- oder 6-gliedrigen Heterocyclus mit einem oder zwei Sauerstoffatomen im Ring als Strukturelement aufweist, eingesetzt werden. Vorzugsweise leitet sich die Komponente B von Acrylsäure oder Methacrylsäure ab. Beispiele für geeignete Verbindungen der Komponente B umfassen Verbindungen der allgemeinen Formel I



worin

R ausgewählt ist unter H und CH<sub>3</sub> und insbesondere für H steht,

k eine Zahl von 0 bis 4 und insbesondere 0 oder 1 ist, und

Y für einen 5- oder 6-gliedrigen, gesättigten Carbocyclen oder einen 5- oder 6-gliedrigen, gesättigten Heterocyclen mit einem oder zwei Sauerstoffatomen steht, wobei der Heterocyclen gegebenenfalls mit C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>-Alkyl, z. B. Methyl, Ethyl, n-Propyl, Isopropyl, n-Butyl, 2-Butyl, Isobutyl oder tert.-Butyl, substituiert ist.

Vorzugsweise leitet sich der 5- oder 6-gliedrige, gesättigte Heterocyclen von Tetrahydrofuran, Tetrahydropyran, 1,3-Dioxolan, 1,3- oder 1,4-Dioxan ab.

Besonders bevorzugt ist die Komponente B ausgewählt unter Trimethylolpropanmonoformalacrylat, Glycerinmonoformalacrylat, Cyclohexylmethylacrylat, 4-Tetrahydropyran-ylacrylat, 2-Tetrahydropyran-ylmethylacrylat und Tetrahydrofurfurylacrylat. Ganz besonders bevorzugt wird als Komponente B Trimethylolpropanmonoformalacrylat eingesetzt.

Darüber hinaus können die strahlungshärtbaren Zubereitungen in den oben angegebenen Mengen einen di- oder polyfunktionellen Ester einer  $\alpha,\beta$ -ethylenisch ungesättigten Carbonsäure mit einem aliphatischen Di- oder Polyol enthalten. Geeignet sind beispielsweise die Veresterungsprodukte der oben im Zusammenhang mit Komponente a1 aufgeführten Di- oder Polyole. Bevorzugt werden die Ester der Acrylsäure und der Methacrylsäure, insbesondere die Diester von Diolen. Vorzugsweise enthalten die Diole bzw. die Polyole außer den OH-Funktionen keine weiteren Heteroatome. Beispiele für geeignete Komponenten B umfassen Ethylenglykoldi(meth)acrylat, Propylenglykoldi(meth)acrylat, Butylenglykoldi(meth)acrylat, 1,6-Hexandioldi(meth)acrylat, Diethylenglykoldi(meth)acrylat, Triethylenglykoldi(meth)acrylat, Diisopropylenglykoldi(meth)acrylat, Tripropylenglykoldi(meth)acrylat, 1,4-Cyclohexandioldi(meth)acrylat und 1,4-Bis(hydroxymethyl)cyclohexandioldi(meth)acrylat, ferner Trimethylethanoltri(meth)acrylat, Trimethylolpropantri(meth)acrylat und Pentaerythritetra(meth)acrylat. Besonders bevorzugte Komponenten B sind Butandioldiacrylat, Hexandioldiacrylat, 1,4-Cyclohexandioldiacrylat und 1,4-Bis(hydroxymethyl)cyclohexandioldiacrylat. Ganz besonders bevorzugt ist Hexandioldiacrylat.

Ferner können die erfindungsgemäßen, strahlungshärtbaren Zubereitungen je nach Verwendungszweck bis zu 20 Gew.-% übliche Hilfsmittel wie Verdicker, Verlaufshilfsmittel, Entschäumer, UV-Stabilisatoren, Gleitmittel und Füllstoffe enthalten. Geeignete Hilfsmittel sind dem Fachmann hinreichend aus der Lack-Beschichtungs-Technologie bekannt. Geeignete Füllstoffe umfassen Silikate, z. B. durch Hydrolyse von Siliciumtetrachlorid erhältliche Silikate wie Aerosil® der Fa. Degussa, Kieselerde, Talkum, Aluminiumsilikate, Magnesiumsilikate, Calciumcarbonate etc. Geeignete Stabilisatoren umfassen typische UV-Absorber wie Oxanilide, Triazine und Benzotriazol (letztere erhältlich als Tinuvin®-Marken der Ciba-Spezialitätenchemie) und Benzophenone. Diese können alleine oder zusammen mit geeigneten Radikalfängern, beispielsweise sterisch gehinderten Aminen wie 2,2,6,6-Tetramethylpiperidin, 2,6-Di-tert.-butylpiperidin oder deren Derivate, z. B. Bis-(2,2,6,6-tetramethyl-4-piperidyl)sebacinat eingesetzt werden. Stabilisatoren werden üblicherweise in Mengen von 0,1 bis 5,0 Gew.-% und vorzugsweise 0,5 bis 3,5 Gew.-%, bezogen auf die in der Zubereitung enthaltenen Komponenten A bis C eingesetzt.

Sofern die Aushärtung mittels UV-Strahlung erfolgt, enthalten die erfindungsgemäßen Zubereitungen wenigstens einen Photoinitiator, der die Polymerisation ethylenisch ungesättigter Doppelbindungen initiieren kann. Hierzu zählen Benzophenon und Benzophenonderivate, wie 4-Phenylbenzophenon und 4-Chlorbenzophenon, Michlers Keton, Antron, Acetophenonderivate, wie 1-Benzoylcyclohexan-1-ol, 2-Hydroxy-2,2-dimethylacetophenon und 2,2-Dimethoxy-

2-phenylacetophenon, Benzoin und Benzoinether, wie Methyl-, Ethyl- und Butylbenzoinether, Benzilketale, wie Benzil-dimethylketal, 2-Methyl-1-[4-(methylthio)phenyl]-2-morpholinopropan-2-on, Anthrachinon und seine Derivate wie  $\beta$ -Methylantrachinon und tert.-Butylantrachinon, Acylphosphinoxide, wie 2,4,6-Trimethylbenzoyldiphenylphosphin-oxid, Ethyl-2,4,6-trimethylbenzoylphenylphosphinat und Bisacylphosphinoxide. Die vorgenannten Photoinitiatoren werden, sofern erforderlich, in Mengen von 0,05 bis 20 Gew.-%, vorzugsweise 0,1 bis 10 Gew.-% und insbesondere 0,1 bis 5 Gew.-%, bezogen auf die polymerisierbaren Komponenten A, B und C der erfindungsgemäßen Zubereitungen eingesetzt. Sofern die erfindungsgemäße Zubereitung mittels Elektronenstrahlung gehärtet wird, kann auf Photoinitiatoren verzichtet werden. Bei Anwendung der Elektronenstrahlhärtung können die erfindungsgemäßen Zubereitungen auch far- 5

farbige Pigmente enthalten. Vorzugsweise enthalten die erfindungsgemäßen Zubereitungen keine Pigmente oder Füllstoffe. Ferner sind die erfindungsgemäßen Zubereitungen vorzugsweise frei von nicht-polymerisierbaren inerten Lösungsmitteln. 10

Die Herstellung der erfindungsgemäßen Zubereitungen erfolgt durch Abmischen der Komponenten in bekannter Weise. Das Abmischen kann bei Raumtemperatur oder erhöhter Temperatur bis 100°C, beispielsweise mittels üblichen Mischvorrichtungen wie Rührkesseln oder statischen Mischern erfolgen.

Die erfindungsgemäßen Zubereitungen erweisen sich besonders geeignet zum Beschichten von Substraten wie Holz, Papier, Kunststoffoberflächen, mineralischen Baustoffen wie Zement-Formsteine und Faserzementplatten, und insbe- 15

sondere für Metalle oder beschichtete Metalle. Demnach betrifft die vorliegende Erfindung auch ein Verfahren zum Beschichten von Substraten, insbesondere von Metallen oder beschichteten Metallen, sowie die durch dieses Verfahren erhältlichen beschichteten Substrate. Die Beschichtung der Substrate erfolgt in der Regel dadurch, daß man wenigstens eine erfindungsgemäße, strahlungshärtbare Zubereitung auf das zu beschichtende Substrat in der gewünschten Stärke aufbringt, gegebenenfalls vorhandenes Lö- 20

sungsmittel entfernt und anschließend durch Einwirkung energiereicher Strahlung wie UV-Strahlung oder Elektronen- strahlung aushärtet. Dieser Vorgang kann, sofern gewünscht, ein- oder mehrfach wiederholt werden. Das Aufbringen der strahlungshärtbaren Zubereitungen auf das Substrat erfolgt in bekannter Weise, z. B. durch Spritzen, Spachteln, Rakeln, Bürsten, Rollen oder Gießen. Die Beschichtungsstärke liegt in der Regel im Bereich von 3 bis 500 g/m<sup>2</sup> und vorzugs- 25

weise 10 bis 200 g/m<sup>2</sup> entsprechend Naßfilmdicken von etwa 3 bis 500 µm, vorzugsweise 10 bis 200 µm. Das Aufbrin- gen kann sowohl bei Raumtemperatur als auch bei erhöhter Temperatur, vorzugsweise jedoch nicht oberhalb 100°C er- folgen. Anschließend werden die Beschichtungen durch Einwirkung der energiereichen Strahlung, vorzugsweise UV- Strahlung der Wellenlänge 250 bis 400 nm oder durch Bestrahlung mit energiereichen Elektronen (Elektronenstrahlung; 150 bis 300 keV) gehärtet. Als UV-Quellen dienen beispielsweise Hochdruckquecksilberdampflampen, z. B. CK- oder CK1-Strahler der Fa. IST. Die üblicherweise zur Vernetzung ausreichende Strahlungsdosis liegt im Bereich von 80 bis 3000 mJ/cm<sup>2</sup>. 30

In einem bevorzugten Verfahren erfolgt die Aushärtung kontinuierlich, indem man das mit der erfindungsgemäßen Zu- bereitung behandelte Substrat mit konstanter Geschwindigkeit an einer Strahlungsquelle vorbeiführt. Hierfür ist es erfor- 35

derlich, daß die Aushärtungsgeschwindigkeit der erfindungsgemäßen Zubereitung ausreichend hoch ist. Die erfindungsgemäßen Zubereitungen zeichnen sich durch eine niedrige Viskosität, vorzugsweise  $\leq 10$  Pas (be- stimmt bei 23 °C mittels eines ICI Kegel-Platte Viskosimeters) und eine hohe Reaktivität, gekennzeichnet durch einen Wert  $\geq 10$  m/min aus (die Reaktivität in m/min entspricht der Geschwindigkeit, mit der ein mit einer strahlungshärtba- 40

ren Zubereitung in einer Naßfilmstärke von 100 µm behandeltes Substrat an einer UV-Quelle mit einer Leistung von 120 W/cm in einem Abstand von 10 cm vorbeigeführt werden kann, so daß noch vollständige Aushärtung stattfindet). Gleichzeitig können hohe Härten, charakterisiert durch eine Pendeldämpfung (analog DIN 53157, s. u.)  $\geq 80$  sec. und hohe Flexibilität, charakterisiert durch Erichsen-Tiefungen  $\geq 5$  mm (s. u.) realisiert werden, ohne daß Abstriche in der Viskosität und der Reaktivität zu verzeichnen sind. Zudem zeichnen sich die aus den erfindungsgemäßen Zubereitun- 45

gen erhältlichen Beschichtungen durch eine erhöhte Witterungsbeständigkeit aus, wie sie beispielsweise durch Sun-Test- Versuche bestimmt werden kann.

Die im folgenden angegebenen Beispiele sollen die vorliegende Erfindung erläutern, ohne sie jedoch einzuschränken. 45

## Beispiele

### I Herstellung der erfindungsgemäßen Zubereitung

#### 1. Beispiele 1 bis 10

In einem Rührkessel wurden 1000 Teile (Alle Mengenangaben (Teile) sind hier und im folgenden als Gewichtsteile zu verstehen.) Cyanurat des Hexamethyldiisocycants, 1,44 Teile 2, 6-Di-tert.-butyl-4-methylphenol und 0,72 Teile Hydrochinonmonomethylether vorgelegt. Man erwärmte auf 50°C, gab 0,3 Teile Dibutylzinndilaurat zu und ließ anschlie- 55

ßend bei einer Temperatur von 50 bis 60 °C x Teile Hydroxyethylacrylat (HEA, s. Tabelle 1) zutropfen. Anschließend erwärmte man auf 70°C und behielt diese Temperatur drei Stunden bei. Danach gab man unter Beibehaltung der Tempera- tur y Teile Methanol (MeOH, s. Tabelle 1) zu und behielt die Temperatur weitere 2 Stunden bei bis der NCO-Wert auf 0,05% abgefallen war. Anschließend ließ man abkühlen und füllte das farblose Produkt bei 60°C ab. 60

Anschließend wurden die so erhaltenen Urethanacrylate in den in Tabelle 1 angegebenen Mengen mit Trimethylolpro- panmonoformalacrylat (TMPMFA), gegebenenfalls 1,6-Hexandioldiacrylat und 4 Gew.-% Photoinitiator (2-Hydroxy-2- methyl-1-phenylpropan-1-on = Darocure® 1173 der Fa. Ciba-Spezialitätenchemie), bezogen auf das Gesamtgewicht der Komponenten A bis C abgemischt. In Tabelle 1 sind die für die Zubereitungen der Beispiele 1 bis 10 gefundenen Visko- 65

sitätswerte und die Reaktivitäten angegeben.

Tabelle 1

	Urethan-Prepolymer			HDDA	TMPMFA	Visko- sität <sup>3)</sup>	Reakti- vität <sup>4)</sup>
Bsp.	x HEA <sup>1</sup>	y MeOH <sup>1</sup>	[Gew. %] <sup>2</sup>	[Gew. %] <sup>2</sup>	[Gew. %] <sup>2</sup>	[Pas]	m/min
1	362	76,3	70	0	30	9,9	20
2	453	50,8	62,5	0	37,5	6,0	20
3	453	50,8	60	5	35	2,6	20
4	453	50,8	60	6	34	2,5	20
5	453	50,8	60	0	40	3,1	20
6	513	33,9	61,4	0	38,6	3,8	20
7	513	33,9	60	5	35	4,0	20
8	513	33,9	60	6	34	4,0	25
9	513	33,9	60	0	40	6,0	25
10	453	50,8	40	20	40	0,33	20

- 1) Gew.-Teile Hydroxymethylacrylat (HEA) bzw. Methanol bei 1000 Gewichtsteilen Cyanurat des Hexamethylendiisocyanats
- 2) Gew.-% der Komponenten A bis C in der strahlungshärtbaren Zubereitung
- 3) bestimmt bei 23 °C mittels eines ICI Kegel-Platte Viskosimeters
- 4) bestimmt an Beschichtungen mit einer Nassfilmdicke von 100 µm auf Glas in der oben beschriebenen Weise

## Beispiele 11 bis 14, Vergleichsbeispiele V1 und V2

Analog den Beispielen 1 bis 10 wurde ein Urethanacrylat aus 1000 Gewichtsteilen Isocyanurat des Hexamethylendiisocyanats, 453 Teilen Hydroxyethylacrylat und 50,8 Teilen Methanol hergestellt. 70 Teile des so hergestellten Urethanacrylats wurden dann mit jeweils 30 Teilen des in Tabelle 2 angegebenen Monoacrylats (Komponente B) und 4 Teilen Photoinitiator Darocure® 1173 abgemischt.

Die Viskosität und die Reaktivität der so erhaltenen Zubereitungen sind in Tabelle 2 angegeben.

Tabelle 2

Beispiele 11 bis 15, Vergleichsbeispiele V1, V2

Beispiel	Komponente B	Viskosität [Pas]	Reaktivität [m/min]
11	Glycerinmonoformalacrylat	4,6	15
12	Tetrahydrofurfurylacrylat	1,8	15
13	Tetrahydropyran-4-ylacrylat	3,6	15
14	Cyclohexylmethyllacrylat	2,8	15
15	Tetrahydropyran-2-ylacrylat	3,6	15
V1	Tripropylenglykolmonomethylacrylat	3,6	20
V2	Dipropylenglykolmonomethylacrylat	2,4	30

## II. Bestimmung der mechanischen Eigenschaften der ausgehärteten Beschichtungen aus den Beispielen 1 bis 14 sowie den Vergleichsbeispielen V1 und V2

### 1. Beschichtungshärte

Die Charakterisierung der Beschichtungshärte erfolgte durch Bestimmung der Pendeldämpfung analog DIN 53157. Hierzu wurden die strahlungshärtbaren Zusammensetzungen der Beispiele und der Vergleichsbeispiele mit einer Naßfilmdicke von 100 µm auf Glas aufgebracht. Die so erhaltene Probe wurde zur Aushärtung mit einer Bandgeschwindigkeit von 10 m/min in einem Abstand von 10 cm an einen Quecksilberdampf-Hochdruckstrahler (120 W/cm) zweimal vorbeigeführt. Anschließend wurde die Pendeldämpfung mit einem Pendelgerät nach DIN 53157 (König) bestimmt. Die Angabe erfolgt in Sekunden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengefaßt.

### 2. Flexibilität

Die Bestimmung der Flexibilität der Beschichtung erfolgte durch Ermittlung der Erichsen-Tiefung analog DIN 53156. Hierzu wurde mittels einer Spiralrakel die jeweilige Zubereitung in einer Naßfilmdicke von 50 µm auf BONDER-Blech 132 aufgebracht. Zur Aushärtung wurde in der oben beschriebenen Weise mit einem Quecksilberdampf-Hochdruckstrahler (120 W/cm) belichtet. Anschließend wurde die Erichsen-Tiefung durch Eindringen einer Metallkugel in die nicht beschichtete Seite des Blechs (DIN 53156) bestimmt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengefaßt.

Tabelle 3

Beispiel	Pendeldämpfung [sec]	Erichsen-Tiefung [mm]
1	80	7,0
2	98	6,5
3	86	6,8
4	89	6,6
5	88	6,9
6	85	5,7
7	102	5,3
8	122	5,7
9	130	5,5
10	105	5,5
11	120	6,3
12	90	6,6
13	130	5,8
14	110	6,0
15	80	6,3
V1	21	7,0
V2	25	7,0

### III. Bestimmung der Witterungsstabilität der erfindungsgemäßen Beschichtungen

Als Testsysteme dienten Zubereitungen aus 70 Gewichtsteilen des Urethanacrylats aus Beispiel 2, 30 Teilen Reaktivverdünner gemäß Tabelle 4 und Photoinitiator Darocure® 1173 (Beispiel 16, Vergleichsbeispiele V3 und V4). Die Zubereitungen wurden anschließend mit einer Naßfilmstärke von 100 µm mittels einer Kastenraker auf eine Glasplatte aufgebracht, in der für die Pendelhärtung beschriebenen Weise durch UV-Strahlung gehärtet und anschließend in einer Bestrahlungsapparatur Heräus-Sun-Test CPS+ mit einer Leistung von 750 W/m<sup>2</sup> bei einer Temperatur von 37°C bestrahlt. Nach verschiedenen Zeiten wurde die Vergilbung als b-Werte des L · a · b-Systems (ermittelt mit einem Minolta Remissions-Farbmetrik-Meßgerät) sowie der Glanzgrad nach DIN 67 530 unter 60° Meßgeometrie aufgenommen. Die b-Werte sind in Tabelle 4 für verschiedene Zeitpunkte zusammengefaßt. Die Glanzwerte aller Formulierungen lagen im Bereich von 170 bis 178 und blieben während der 1000-stündigen Belastungszeit auf annähernd gleichem Niveau.

Tabelle 4

Beispiel	Reaktivverdünner	b-Werte			
		0 h	160 h	700 h	1000 h
V3	HDDA <sup>1)</sup>	0,45	0,7	0,7	0,82
16	TMPMFA <sup>2)</sup>	0,29	0,47	0,5	0,55
V4	LR8945 <sup>3)</sup>	0,3	1,79	3,0	3,6

1) 1,6-Hexandioldiacrylat

2) Trimethylolpropanmonoformalacrylat

3) Laromer® LR8945 der BASF; mit Bisphenol-A-Einheiten modifiziertes Polyetheracrylat

Die Zunahme der b-Werte entspricht einer zunehmenden Vergilbung. Die Zunahme der Vergilbung ist am wenigsten ausgeprägt für die erfindungsgemäße Zubereitung des Beispiels 16.

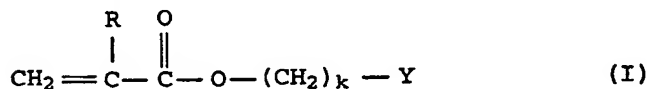
Ferner wurde die thermische Belastbarkeit der Zubereitungen aus Beispiel 16 sowie den Vergleichsbeispielen V3 und



V4 durch Bestimmung des b-Werts nach Temperung bei 100°C für 24 Stunden ermittelt. Parallel hierzu wurde eine Zubereitung untersucht, bei der das HDDA aus Beispiel V3 gegen N-Vinylcaprolactym ausgetauscht worden war (Vergleichsbeispiel V5). Für Beispiel 15 sowie die Vergleichsbeispiele V3 und V4 wurde keine nennenswerte Zunahme des b-Werts beobachtet. Hingegen nimmt der b-Wert für die Probe aus V5 dramatisch zu, was einer deutlichen Vergilbung bei thermischer Belastung entspricht.

# Patentansprüche

1. Strahlungshärtbare Zubereitung, enthaltend
  - i) wenigstens ein aliphatisches, Urethangruppen enthaltendes Prepolymer, das im Mittel wenigstens zwei ethylenisch ungesättigte Doppelbindungen pro Molekül aufweist (= Komponente A),
  - ii) wenigstens einen monofunktionellen Ester einer  $\alpha,\beta$ -ethylenisch ungesättigten Carbonsäure mit einem monofunktionellen Alkanol, das wenigstens einen gesättigten 5- oder 6-gliedrigen Carbocyclus oder einen gesättigten 5- oder 6-gliedrigen Heterocyclus mit einem oder zwei Sauerstoffatomen im Ring als Strukturelement aufweist (= Komponente B) und
  - iii) gegebenenfalls einen di- oder polyfunktionellen Ester einer  $\alpha,\beta$ -ethylenisch ungesättigten Carbonsäure mit einem aliphatischen Di- oder Polyol (= Komponente C).
2. Strahlungshärtbare Zubereitung nach Anspruch 1, enthaltend 20 bis 90 Gew.-% der Komponente A, 10 bis 80 Gew.-% der Komponente B, 0 bis 40 Gew.-% der Komponente C und bis zu 20 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der Komponenten A, B und C, übliche Hilfsmittel, mit der Maßgabe, daß die Gewichtsmengen der Komponenten A, B und C sich zu 100 Gew.-% addieren.
3. Strahlungshärtbare Zubereitung nach Anspruch 1 oder 2, worin das Gewichtsverhältnis der Komponenten B und C im Bereich von 20 : 1 bis 1 : 1 liegt.
4. Strahlungshärtbare Zubereitung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin die Komponente B eine Verbindung der allgemeinen Formel I



ist, worin

R ausgewählt ist unter H und  $\text{CH}_3$ ,

k eine Zahl von 0 bis 4 ist, und

Y für einen 5- oder 6-gliedrigen gesättigten Carbocyclus oder einen 5- oder 6-gliedrigen gesättigten Heterocyclus mit einem oder zwei Sauerstoffatomen steht, wobei der Heterocyclus gegebenenfalls mit  $\text{C}_1$ - $\text{C}_4$ -Alkyl substituiert ist.

5. Strahlungshärtbare Zubereitung nach Anspruch 4, worin die Komponente B ausgewählt ist unter Trimethylolpropanmonoformalacrylat, Glycerinmonoformalacrylat, Cyclohexylmethylacrylat, 4-Tetrahydropyranylacrylat, 2-Tetrahydropyranylmethylacrylat und Tetrahydrofurfurylacrylat.
6. Strahlungshärtbare Zubereitung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin die Komponente C ausgewählt ist unter den Diacrylaten und Dimethacrylaten aliphatischer Diöle.
7. Strahlungshärtbare Zubereitung nach Anspruch 6, enthaltend als Komponente C 1,6-Hexandioldiacrylat und/oder 1,4-Butandioldiacrylat.
8. Strahlungshärtbare Zubereitung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin die ethylenisch ungesättigten Doppelbindungen des aliphatischen, Urethangruppen enthaltenden Prepolymers in Form von Acrylat- und/oder Methacrylatgruppen vorliegen.
9. Strahlungshärtbare Zubereitung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin das aliphatische, Urethangruppen enthaltende Prepolymer erhältlich ist durch Umsetzung von
  - i) wenigstens einer aliphatischen Verbindung oder einem aliphatischen Prepolymer mit wenigstens zwei Isocyanatgruppen (Komponente a1),
  - ii) wenigstens einer Verbindung, die wenigstens eine reaktive OH-Gruppe und wenigstens eine ethylenisch ungesättigte Doppelbindung aufweist (Komponente a2) und gegebenenfalls
  - iii) einer oder mehreren aliphatischen Verbindungen mit wenigstens einer reaktiven OH-Gruppe (Komponente a3).
10. Strahlungshärtbare Zubereitung nach Anspruch 9, wobei die Komponente a1 ausgewählt ist unter den Biurethen und den Isocyanuraten aliphatischer Diisocyanate sowie den Addukten aliphatischer Diisocyanate an polyfunktionelle, aliphatische Alkohole mit wenigstens 3 reaktiven OH-Gruppen.
11. Strahlungshärtbare Zubereitung nach Anspruch 10, wobei die Komponente a1 das Isocyanurat des Hexamethylen-diisocyanats ist.
12. Strahlungshärtbare Zubereitung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, wobei die Komponente a2 ausgewählt ist unter den Estern der Acrylsäure und/oder der Methacrylsäure mit wenigstens einem aliphatischen Di- oder Polyol, wobei der Rest noch wenigstens eine freie OH-Gruppe aufweist.
13. Strahlungshärtbare Zubereitung nach Anspruch 12, wobei die Komponente a2 ausgewählt ist unter 2-Hydroxyethyl(meth)acrylat, Hydroxypropyl(meth)acrylat, 1,4-Butandiolmono(meth)acrylat, Trimethylolpropanmono- und -di(meth)acrylat und Pentaerythrittri(meth)acrylat.
14. Strahlungshärtbare Zubereitung nach einem der Ansprüche 9 bis 13, wobei die Komponente a3 ein monofunktionelles Alkanol mit 1 bis 10 Kohlenstoffatomen ist.
15. Verwendung der strahlungshärtbaren Zubereitung nach einem der vorhergehenden Ansprüche zum Beschichten

# DE 197 39 970 A 1

von Substraten.

16. Verwendung nach Anspruch 15, wobei das Substrat ein Metall oder ein beschichtetes Metall ist.

17. Verfahren zum Beschichten von Substraten, dadurch gekennzeichnet, daß man eine strahlungshärtbare Zubereitung nach einem der Ansprüche 1 bis 14 auf das zu beschichtende Substrat aufbringt, gegebenenfalls vorhandenes Lösungsmittel entfernt und anschließend durch Bestrahlung mit UV- oder Elektronenstrahlung aushärtet.

18. Beschichtetes Substrat, erhältlich durch ein Verfahren nach Anspruch 17.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65